

**SIMULASI UNJUK KERJA SIRIP SEGMENTASI PADA
PHOTOVOLTAIC THERMAL MENGGUNAKAN SOFTWARE CFD**

(Skripsi)

Oleh :
Yoggi Pahlevy
1915021013



**TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

SIMULASI UNJUK KERJA SIRIP SEGMENTASI PADA *PHOTOVOLTAIC THERMAL* MENGGUNAKAN *SOFTWARE CFD*

Oleh:

YOGGI PAHLEVY

Penurunan performa modul *Photovoltaic* yang diakibatkan naiknya temperature permukaan modul tersebut menjadi salah satu kekurangan yang sangat merugikan dalam penggunaan modul *Photovoltaic*. Hal tersebut dapat diminimalisir dengan menambahkan sirip penyerap panas (*heatsink*) dibagian bawah modul *Photovoltaic*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan penggunaan sirip konvensional (linear) dan sirip segmentasi berdasarkan pemodelan arah aliran. Analisa unjuk kerja termal *Photovoltaic* ini dilakukan menggunakan bantuan *software CFD Ansys fluent*. Perbandingan penurunan temperatur permukaan PV antara sirip konvensional dan sirip segmentasi menunjukkan perbedaan 1°C hingga 3°C bergantung dengan arah aliran udara. Perbedaan yang signifikan terjadi saat aliran 0°, sirip segmentasi menurunkan temperatur 5,6% lebih baik dibanding sirip konvensional. Hasil penelitian ini mendukung penggunaan sirip segmentasi dibandingkan sirip konvensional saat dilakukan uji coba variasi arah aliran yang berbeda-beda.

Kata Kunci: Modul *Photovoltaic*, sirip segmentasi, *Computation fluid dynamic (CFD)*, *heatsink*

ABSTRACT

SIMULATION OF SEGMENTATION FIN PERFORMANCE IN THERMAL PHOTOVOLTAIC USING CFD SOFTWARE

By:

YOGGI PAHLEVY

The decrease in the performance of the photovoltaic module caused by the increase in the surface temperature of the module is one of the most detrimental drawbacks in the use of photovoltaic modules. This can be minimized by adding heat sinks at the bottom of the photovoltaic module. This research was conducted to compare the use of conventional (linear) fins and segmented fins based on flow direction modeling. Photovoltaic thermal performance analysis was carried out using the help of Ansys fluent CFD software. Comparison of the reduction in PV surface temperature between conventional fins and segmented fins shows a difference of 1°C to 3°C depending on the direction of air flow. A significant difference occurs when the flow is 0°, segmentation fins lower the temperature 5.6% better than conventional fins. The results of this study support the use of segmentation fins compared to conventional fins when testing variations of different flow directions.

Key Word: *Photovoltaic module, segmentation fin, Computation fluid dynamic (CFD), heatsink*

**SIMULASI UNJUK KERJA SIRIP SEGMENTASI PADA
PHOTOVOLTAIC THERMAL MENGGUNAKAN *SOFTWARE* CFD**

Oleh:

YOGGI PAHLEVY

Skripsi

Sebagai Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

Judul Skripsi : Simulasi Unjuk Kerja Sirip Segmentasi Pada
Photovoltaic Thermal Menggunakan Software
CFD

Nama : Yoggi Pahlevy

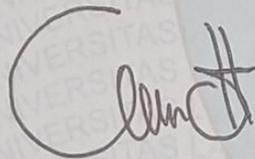
Nomor Pokok Mahasiswa : 1915021013

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

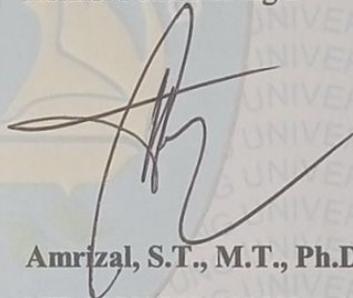
Komisi Pembimbing 1



Ahmad Yonanda, S.T., M.T.

NIP 19930110 201903 1 008

Komisi Pembimbing 2

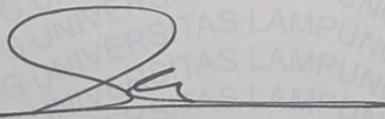


Amrizal, S.T., M.T., Ph.D.

NIP 19700202 199803 1 004

Ketua Jurusan

Teknik Mesin

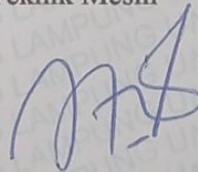


Dr. Amrul, S.T., M.T.

NIP 19710331 199903 1 003

Kepala Program Studi

S1 Teknik Mesin



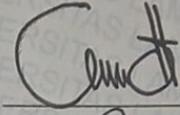
Novri Tanti, S.T., M.T.

NIP 19701104 199703 2 001

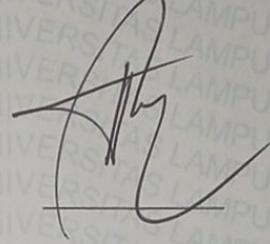
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

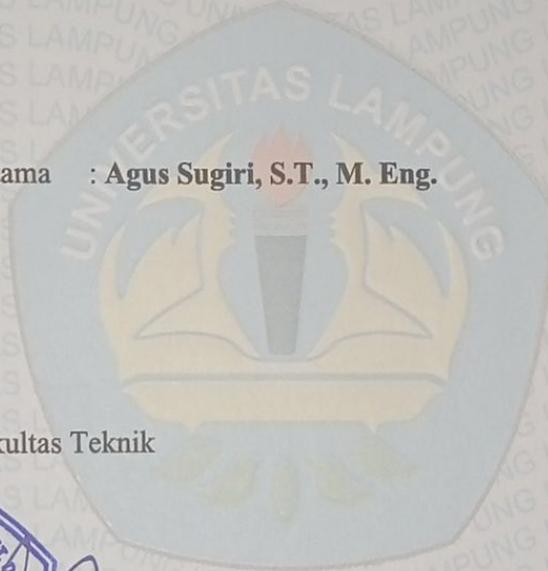
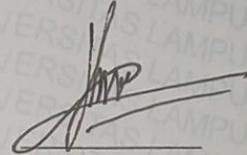
Ketua Penguji : **Ahmad Yonanda, S.T., M.T.**



Anggota Penguji : **Amrizal, S.T., M.T., Ph.D.**



Penguji Utama : **Agus Sugiri, S.T., M. Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. I. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **04 Juli 2023**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

DENGAN INI SAYA MENYATAKAN AHW A SKRIPSI INI SAYA BUAT
DENGAN USAHA SAYA SENDIRI DAN BUKAN HASIL DARI PLAGIAT
SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 36 PERATURAN AKADEMIK
UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN KEPUTUSAN REKTOR NO. 13
TAHUN 2019.

Bandar Lampung, 08 Agustus 2023

Penulis,



YOGGI PAHLEVY

NPM. 1915021013

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Prabumulih, Sumatera selatan pada tanggal 11 september 2001 sebagai anak terakhir dari dua bersaudara, dari pasangan bapak Abdul Kohar dan ibu Nur Aziza

Pendidikan pertama yang dijalani oleh penulis yaitu Taman Kanak-kanak Aisyiyah Bustanul Athfal II kota Prabumulih pada tahun 2007 dan lulus pada tahun yang sama, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 14 kota Prabumulih pada tahun 2007 dan lulus pada tahun 2013. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 3 kota Prabumulih pada tahun 2013 dan lulus pada tahun 2016, penulis kemudian tertarik dengan bidang otomotif sehingga pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 1 kota Prabumulih dengan jurusan Teknik Kendaraan Ringan (TKR). Penulis menyelesaikan pendidikan di SMKN 1 kota Prabumulih pada tahun 2019, selama bersekolah di SMKN 1 kota Prabumulih penulis pernah meraih juara 3 dalam lomba Teknologi Tepat Guna (TTG) tingkat kota Prabumulih, meraih juara 2 dalam Lomba Kompetensi Siswa (LKS) tingkat kota Prabumulih dan terakhir penulis juga pernah meraih juara 2 lomba Selekd *Asean Skill Competition* tingkat provinsi Sumatera Selatan.

Setelah lulus dari SMKN 1 kota Prabumulih, penulis melanjutkan minatnya dibidang teknik dan melanjutkan pendidikan Strata 1 di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM). Penulis terdaftar sebagai anggota muda HIMATEM pada tahun 2019 dan menjadi Kepala Divis (Kadiv) penelitian dan pengembangan pada periode HIMATEM 2021-2022.

Untuk memperoleh pengalaman kerja, penulis melakukan kegiatan Kerja Praktik di PT. Pupuk Sriwidjaja (PUSRI) pada tahun 2022 dan mengambil judul kerja praktek “Analisis efisiensi *Boiler* secara langsung dan tidak langsung”. Kemudian pada tahun yang sama penulis melakukan penelitian tugas akhir dan skripsi dengan judul “Simulasi unjuk kerja sirip segmentasi pada *Photovoltaic Thermal* menggunakan *software CFD*” dibawah bimbingan Bapak Ahmad Yonanda, S.T., M.T. selaku pembimbing pertama dan Bapak Amrizal, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing kedua.

Motto

Perjuangkanlah kebahagiaan orang yang memperjuangkan
kebahagiaan mu.

“Setiap orang punya giliran masing-masing, sabar dan tunggulah.

Dia akan datang secara alami”

~ Gol D' Roger ~

“Mahkota seseorang adalah akalnya, derajat seseorang adalah agamanya,
sedangkan kehormatan seseorang adalah budi pekertinya”

~ Umar bin Khattab ~

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada ALLAH SWT karena berkat rahmat dan hidayahnya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dan menyelesaikan laporan skripsi dengan lancar. Shalawat serta salam tak lupa penulis sanjung agungkan kepada nabi Muhammad SAW yang telah menuntut kita menuju kehidupan yang berilmu dan berakhlak. Skripsi ini dibuat sebagai sebuah karya tulis hasil dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan. Penulis berharap karya tulis ini dapat menjadi perkembangan ilmu dibidang mekanikal dan energi, khususnya perkembangan panel surya. Skripsi ini juga menjadi salah satu syarat mencapai gelar sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Penulis berharap karya tulis ini dapat bermanfaat dan dapat dikembangkan lebih lanjut.

Selesainya skripsi ini tidak luput dari bimbingan, arahan dan dukungan dari semua pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua, bapak Abdul Kohar dan ibu Nur Aziza yang selalu mendampingi, mendukung dan mendoakan sehingga penulis mempunyai semangat untuk menyelesaikan studi di Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung beserta staff dan jajarannya.
3. Dr. Amrul, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Novri Tanti, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Ahmad Yonanda, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang selalu bersedia membimbing penulis disetiap proses simulasi CFD serta penyusunan skripsi ini.

6. Dr. Amrizal, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia membimbing dan meluangkan waktu dalam penyusunan skripsi ini.
7. Agus Sugiri, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji dalam skripsi ini. Terimakasih atas masukan dan saran pada seminar proposal dan hasil terdahulu.
8. Seluruh Dosen di Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah mengajarkan banyak ilmu dan pengetahuan.
9. Tim Laboratorium Termodinamika : Calvin, Mikel dan Juned yang telah berjuang bersama.
10. Rosmala Devy, S. Tp., Diky Aryandi, S. Kom. selaku kakak kandung penulis dan seluruh keluarga yang telah memberikan semangat kepada penulis.
11. Putri Oktaria selaku orang spesial yang memberikan semangat dan motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan banyak terimakasih.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini terdapat kekurangan oleh karena itu penulis berharap masukan dan saran dari semua pihak untuk menyempurnakan karya tulis ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca secara umum.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandar Lampung, Agustus 2023
Penulis,

YOGGI PAHLEY

NPM. 1915021013

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Energi Surya	5
2.2. Panel Surya	6
2.3. Klasifikasi Panel Surya	8
2.3.1. Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	8
2.3.2. Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	8
2.3.3. Panel Surya Tipis (<i>Thin Film Solar Cell</i>)	9
2.4. Sirip Pendingin	10
2.5. Metode Perpindahan Panas	11
2.5.1. Konduksi	11
2.5.2. Konveksi	12
2.5.3. Radiasi	13
2.6. Aliran Fluida	14
2.6.1. <i>Internal Flow</i>	15
2.6.2. <i>External Flow</i>	15
2.7. <i>Pressure Drop</i>	15
2.7.1. Densitas Fluida	16
2.7.2. Viskositas Fluida	16
2.7.3. Faktor Gesak	17

2.8. <i>Computation Fluid Dynamic (CFD)</i>	17
2.8.1. <i>Pre-processing</i>	18
2.8.2. <i>Proes Solver</i>	19
2.8.3. <i>Proses post-processing</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.1.1. Tempat Penelitian	22
3.1.2. Waktu Penelitian	22
3.2. Diagram Alir Metode Penelitian	23
3.3. Parameter Penelitian	24
3.3.1. Geometri Panel Surya	24
3.3.2. Geometri Sirip Segmentasi	25
3.3.3. Simulasi Unjuk Kerja	26
3.4. <i>Computation Fluid Dynamic (CFD)</i>	26
3.4.1. Perancangan <i>Heatsink</i> (CAD)	26
3.4.2. Susunan Geometri	28
3.4.3. <i>Meshing</i>	28
3.4.4. <i>Set Up Conditions</i>	28
3.4.5. <i>Run Calculation</i>	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. <i>Mesh Independence Test</i>	31
4.1.1. Hasil <i>Mesh</i>	33
4.1.2. Perbandingan Jumlah <i>Mesh</i> dengan Hasil Simulasi	34
4.2. Hasil Pengambilan Data	35
4.3. Pengaruh Sirip Terhadap Temperatur Permukaan <i>Photovoltaic</i>	36
4.3.1. Kontur Temperatur Permukaan <i>Photovoltaic</i>	38
4.4. Variasi Lebar Sirip Segmentasi	39
4.4.1. Fenomena Aliran Sirip Segmentasi	40
4.5. Variasi Sudut Serang Udara	42
4.5.1. Fenomena Sudut Serang Aliran Udara Dengan Sirip Konvensional	43
4.5.2. Fenomena Sudut Serang Aliran Udara Dengan Sirip Segmentasi	44

4.5.3. Performa Penurunan Temperatur Permukaan PV	45
4.6. Pengaruh <i>Pressure Drop</i>	46
4.6.1. Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap <i>Pressure Drop</i>	47
4.7. Variasi Tinggi Sirip	48
4.7.1. Variasi Tinggi Sirip Konvensional	49
4.7.2. Hasil Variasi Tinggi Sirip Konvensional	51
4.7.3. Variasi Tinggi Sirip Segmentasi	52
4.7.4. Hasil Variasi Tinggi Sirip Segmetasi	53
BAB V PENUTUP	55
5.1. Simpulan	55
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Panel surya	7
Gambar 2.2. Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	8
Gambar 2.3. Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	9
Gambar 2.4. Panel Surya Tipis	9
Gambar 2.5. Macam-macam <i>fin</i>	10
Gambar 2.6. Perpindahan panas konduksi	12
Gambar 2.7. Perpindahan panas konveksi	13
Gambar 2.8. <i>Viscous setup models</i>	17
Gambar 2.9. <i>Setup</i> material PV	17
Gambar 2.10. Grafik iterasi	18
Gambar 2.11. Contoh <i>countur</i> hasil simulasi	19
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> metodologi penelitian	21
Gambar 3.2. Geometri panel surya, (a) Dimensi Panel surya, (b) Lapisan material panel surya	22
Gambar 3.3. Sirip pendingin, (a) Konvensional, (b) Lebar 31,25 mm	23
Gambar 3.4. Alur proses simulasi	24
Gambar 3.5. Geometri sirip, (a) Segmentasi lebar 62,5 mm, (b) Sirip konvensional, (c) Dimensi sirip segmentasi	25
Gambar 3.6. <i>General setup</i>	26
Gambar 3.7. Arah aliran udara	27
Gambar 4.1. Jumlah cell meshing (a) mesh ukuran sedang, (b) mesh ukuran kecil	33
Gambar 4.2. Grafik perbandingan temperatur permukaan <i>photovoltaic</i> terhadap jumlah <i>mesh</i>	34
Gambar 4.3. Grafik perbandingan temperatur permukaan PV terhadap sudut serang udara untuk sirip konvensional, sirip segmentasi dan PV tanpa sirip	37

Gambar 4.4. Kontur warna temperatur permukaan PV (a) sirip konvensional, (b) sirip segmentasi	38
Gambar 4.5. Grafik perbandingan temperatur permukaan PV untuk tiap variasi lebar sirip segmentasi	39
Gambar 4.6. Fenomena kecepatan aliran tampak bawah (a) Sirip segmentasi 31.25 mm, (b) Sirip segmentasi 250 mm.....	41
Gambar 4.7. Aliran sirip konvensional (a) arah 0°, (b) arah 45°	43
Gambar 4.8. Aliran udara sirip segmentasi (a) arah aliran 45°, (b) arah aliran 0°	44
Gambar 4.9. Grafik temperatur permukaan PV terhadap sudut serang aliran udara untuk semua variasi sirip	45
Gambar 4.10. Result simulasi (a) garis vector kecepatan aliran fluida, (b) contour tekanan fluida	46
Gambar 4.11. Grafik perbandingan pressure drop terhadap sudut serang (a) kecepatan aliran 1 m/s, (b) kecepatan aliran 3 m/s	48
Gambar 4.12. Tinggi sirip pendingin	49
Gambar 4.13. Fenomena aliran udara (a) sirip konvensional tinggi 100 mm, (b) sirip konvensional tinggi 25 mm	50
Gambar 4.14. Grafik perbandingan temperatur rata-rata permukaan PV terhadap variasi tinggi sirip konvensional	51
Gambar 4.15. Fenomena aliran udara (a) sirip segmentasi tinggi 100 mm, (b) sirip segmentasi tinggi 25 mm	53
Gambar 4.16. Grafik perbandingan temperatur rata-rata permukaan Photovoltaic terhadap variasi tinggi sirip segmentasi	54

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian	20
Tabel 3.2. Sifat termo-fisik dari lapisan <i>Photovoltaic</i>	22
Tabel 3.3. Variasi Sirip Segmentasi	24
Tabel 3.4. Data simulasi <i>pressure drop</i>	30
Tabel 3.5. Data simulasi temperatur rata-rata permukaan	31
Tabel 4.1. Data hasil simulasi <i>pressure drop</i>	32
Tabel 4.2. Data hasil simulasi temperatur rata-rata permukaan PV	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber-sumber yang dapat diperbaharui, seperti tenaga angin, tenaga air, *bioenergy* bahkan tenaga matahari. Dari semua potensi energi baru dan terbarukan tersebut Indonesia memiliki potensi terbesarnya di energi matahari. Tercatat pada 2008 bumi menyerap iradiasi dari matahari sebesar 1360 W/m^2 . Setelah disaring oleh atmosfer bumi total radiasi puncak yang diserap oleh bumi mencapai 1000 W/m^2 (Cahyono, 2021). Indonesia sendiri memiliki potensi energi matahari sekitar $4,8 \text{ KWh/m}^2$ atau setara dengan 112.000 GWp dan energi surya tersebut akan terus tersedia sepanjang waktu (ESDM, 2012). Pemanfaatan energi matahari berupa gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik dengan bantuan *Photovoltaic* (PV) atau *Photovoltaic thermal* (PV/T).

Photovoltaic adalah komponen yang dapat merubah gelombang elektromagnetik matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* sendiri terletak didalam sel surya yang kemudian sel surya ini disusun seefektif mungkin agar dapat menyerap gelombang elektromagnetik dari matahari. Kumpulan atau susunan dari beberapa sel surya ini disebut dengan panel surya. Dalam penggunaannya panel surya ini memiliki kekurangan yaitu saat temperatur permukaan panel surya naik maka efisiensi dari panel surya ini akan turun. Oleh karena itu dilakukan upaya untuk menurunkan temperatur permukaannya dengan metode pendinginan. Terdapat dua metode pendinginan yang dapat digunakan yaitu *pasive cooling* dan *active cooling*. Pada penelitian ini akan digunakan metode *pasive cooling* dengan *heatsink*.

Berdasarkan penelitian dari (Sjahrudin, 2020), yang meneliti tentang pemasangan *heatsink* pada panel surya, salah satu upaya untuk menstabilkan termal permukaan panel surya adalah dengan menambahkan sirip pendingin berbahan aluminium untuk memperluas permukaan perpindahan panas yang terjadi. Hasil dari penelitian tersebut pendinginan menggunakan sirip dapat menurunkan temperatur panel surya sebesar 3,78%. Kemudian berdasarkan penelitian dari (Yonanda, 2020), yang melakukan penelitian dengan simulasi CFD *Ansys fluent*, simulasi dipilih untuk mengurangi biaya penelitian dan mempermudah penelitian itu sendiri, sehingga penelitian yang dilakukan lebih fleksibel. Metode CFD *Ansys fluent* digunakan untuk menjalankan perhitungan sekaligus pemodelan dalam penelitian tersebut.

Berdasarkan penelitian dari (Perez, 2020), yang meneliti tentang pemasangan sirip pendingin putus-putus (segmentasi), adanya pengaruh arah aliran udara terhadap performa penurunan panas *Photovoltaic* surya. Didapatkan temperature permukaan *Photovoltaic* dengan arah aliran udara 15° lebih baik dibandingkan arah aliran udara lainnya. Kemudian berdasarkan penelitian dari (Yonanda, 2022), yang meneliti tentang simulasi unjuk kerja *photovoltaic* dengan sirip lapping, arah aliran dapat mempengaruhi penurunan tekanan ketika aliran udara sejajar dengan sirip (90°), penurunan tekanan sangat minimal disemua jenis sirip yang dilakukan uji coba.

Berdasarkan tinjauan yang ada, beberapa penelitian dilakukan dengan menambahkan pelat penyerap (*fins*) untuk menurunkan temperatur panel surya yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi panel tersebut. Bentuk pelat penyerap sangat mempengaruhi laju pelepasan panas pada panel surya. Berdasarkan literatur yang ada, masih sedikit penelitian yang menjelaskan perubahan bentuk sirip terhadap kinerja panel surya. Oleh karena itu dilakukan penelitian perbandingan bentuk sirip segmentasi dan konvensional (sirip linear) dengan pemodelan arah aliran udara 0°, 22,5°, 45°, 37,5°, 90° dan kecepatan aliran udara 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s untuk mengetahui penurunan temperatur permukaan *Photovoltaic* dan *pressure drop* yang terjadi.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian simulasi unjuk kerja thermal photovoltaic sirip konvensional dan segmentasi berbasis CFD ini adalah sebagai berikut :

1. Mensimulasikan unjuk kerja sirip segmentasi pada *Photovoltaic Thermal* menggunakan *software* CFD.
2. Menganalisis efek variasi lebar sirip segmentasi dan arah aliran udara terhadap temperatur permukaan *Photovoltaic*.
3. Menganalisis perbandingan temperatur permukaan *Photovoltaic* antara sirip konvensional dengan sirip segmentasi.
4. Menganalisis *pressure drop* setiap variasi sirip yang disimulasikan.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memudahkan dalam proses penelitian, peneliti membatasi cakupan pembahasan masalah. Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dengan model simulasi *steady state*.
2. Penelitian dilakukan menggunakan *software* CFD *Ansys R1 2020*.
3. Material sirip yang digunakan dalam simulasi adalah aluminium.
4. Fluida yang digunakan dalam simulasi adalah udara.
5. Variasi lebar sirip segmentasi yang digunakan yaitu 250 mm, 125 mm, 62,5 mm dan 31,25 mm.
6. Variasi tinggi sirip segmentasi yang digunakan yaitu 25 mm, 50 mm, 75 mm dan 100 mm.

1.4. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan oleh peneliti pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan teori dan konsep dasar perpindahan panas, panel surya, dan simulasi Ansys fluent.

3. METODE PENELITIAN

Berisikan tentang langkah yang dilakukan untuk mensimulasikan panel surya dengan sirip pendingin serta pengambilan data atau result simulasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang hasil desain, hasil simulasi dan pembahasan dari data data yang diperoleh.

5. SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan simpulan yang diperoleh dari hasil simulasi dan saran yang diberikan oleh peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.

LAMPIRAN

Berisikan perlengkapan laporan penelitelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Surya

Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan yang sedang gencar dikembangkan diseluruh dunia, diman pemanfaatan energi ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan energi berbahan fosil yang tiap tahunnya terus mengalami penurunan. Di Indonesia sendiri energi surya memiliki potensi yang sangat besar untuk dilakukan pengembangan, mengingat letak geografis Indonesia yang berada digaris katulistiwa. Letak geografis ini membuat Indonesia dapat disinari oleh matahari setiap tahunnya.

Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Dengan demikian, potesi penyinaran matahari rata-rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi (Widaya, 2012).

Energi surya adalah energi yang sangat luar biasa karena tidak bersifat polutif, tidak dapat habis, dapat dipercaya dan tidak membeli. Kejelekannya dari energi surya ini adalah sangat halus dan tidak konstan. Jumlah energi surya yang diterima oleh bumi sangat berpengaruh dengan cuaca. Ketika cuaca dalam kondisi berawan ataupun hujan maka cahaya yang dipancarkan oleh

matahari dapat menembus bumi dengan jumlah yang sedikit. Hal tersebut berbanding terbalik ketika cuaca cerah, cahaya yang diterima bumi dari matahari sangat besar dan dapat dimanfaatkan secara maksimal.

Energi surya termasuk kedalam energi baru terbarukan, dimana Energi baru terbarukan adalah sumber energi ramah lingkungan yang tidak mencemari lingkungan dan tidak memerlukan kontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global, karena energi yang didapatkan berasal dari proses alam yang berkelanjutan, seperti sinar matahari, angin, air, biofuel dan geothermal. Energi baru sendiri adalah energi yang menggunakan teknologi baru baik dari sumber energi terbarukan atau tidak, sementara energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber energi yang dapat diperbaharui (Darmana, 2019).

Potensi energi terbarukan paling besar yang dimiliki Indonesia tersebut adalah dari pembangkit tenaga surya, dimana energi surya menyumbang sebesar 48,2% dari total potensi energi terbarukan yang dimiliki Indonesia. Kedua ditempati oleh energi air sebesar 17,4% kemudian tenaga angin sebesar 14%. Dengan persentase potensi tenaga surya tersebut diperkirakan akan menghasilkan energi sebesar 207.898 MW (IESR, 2019).

2.2. *Photovoltaic*

Mengingat Indonesia cukup berpotensi dalam pengembangan energi surya untuk dikonversi menjadi listrik. Potensi penyinaran matahari rata-rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Pemanfaatan energi surya untuk dikonversi menjadi energi listrik diperlukan bantuan panel surya. Sistem ini diperkenalkan sebagai Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) atau secara umum dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Panel surya *photovoltaik* telah banyak digunakan untuk suplai energi listrik di gedung-gedung dan perumahan di kota-kota

besar. Bahkan sudah ada proyek pembangunan pembangkit listrik tenaga surya dengan skala yang besar. Pada umumnya panel surya dipasarkan dengan kapasitas 50 wattpeak (Wp) atau kelipatannya. Efisiensi pembangkit energi listrik yang dihasilkan modul fotovoltaik pada skala komersial saat ini adalah sekitar 14-15% (Widayana, 2012).



Gambar 2.1. Panel surya

Panel surya sendiri merupakan kumpulan sel surya yang disusun seefektif mungkin agar dapat menyerap gelombang elektromagnetik dari matahari. Didalam sel surya itu sendiri terdapat komponen photovoltaic atau komponen yang dapat merubah gelombang elektromagnetik matahari menjadi energi listrik. Terdapat berbagai jenis panel surya dan yang paling banyak digunakan adalah panel surya monocrystalline, panel surya jenis ini tidak banyak memakan ruang saat instalasinya dan memiliki ketahanan umur pakai yang cukup panjang dibandingkan jenis panel surya lainnya.

Dalam pengaplikasiannya panel surya atau pembangkit listrik tenaga surya ini tidak terlalu membutuhkan ruangan atau tempat yang luas untuk pemasangannya. Dalam beberapa kasus, panel surya diaplikasikan dengan atap rumah, sehingga memungkinkan untuk mendapat pancaran sinar matahari yang lebih kuat. Hal ini lah yang menjadikan panel surya sangat berpotensi untuk menggantikan energi yang berasal dari fosil.

2.3. Klasifikasi Panel Surya

Berdasarkan (Atonergi, 2021), panel surya diklasifikasikan menjadi 3 jenis, diantaranya adalah sebagai berikut :

2.3.1. Panel surya *monocrystalline*

Panel monocrystalline disebut demikian karena menggunakan bahan silikon yang paling murni. Hal ini membuat, panel monocrystalline memiliki tingkat efisiensi yang paling tinggi dalam mengubah energi matahari menjadi listrik. Tampilan panel surya mono berwarna hitam pekat, sehingga sangat mudah untuk anda kenali. Lembaran bagian belakang biasanya berwarna hitam, putih atau perak, sementara pada bingkai logam umumnya berwarna perak atau hitam.



Gambar 2.2. Panel surya *monocrystalline*

2.3.2. Panel surya *polycrystalline*

Teknologi pada panel surya ini terbuat dari pencairan batang silikon. Tampilan solar panel polycrystalline lebih unik, karena memiliki susunan yang lebih rapi dan rapat. Selain itu, panel surya ini juga berwarna biru cerah karena cahaya memantulkan fragmen silikon dengan cara yang berbeda. Daripada panel mono, efisiensi pada *polycrystalline* hanya 13% – 16%.



Gambar 2.3. Panel surya *polycrystalline*

2.3.3. Panel surya tipis (*thin film solar cell*)

Panel surya tipis terbuat dari berbagai bahan, seperti *cadmium telluride* (CdTe) dan silikon. Namun, bukan terbuat dari wafer silikon padat layaknya *monocrystalline* atau *polycrystalline*. Panel ini justru terbuat dari silikon non kristal. Sesuai dengan namanya, panel ini bentuknya lebih ramping dan warnanya bergantung pada bahan pembuatnya. Berbicara tentang efisiensi, panel surya tipis memiliki tingkat yang lebih rendah, sekitar 11% saja. Oleh karena proses pembuatannya berbeda, maka harga panel surya tipis disesuaikan dengan jenis bahannya.



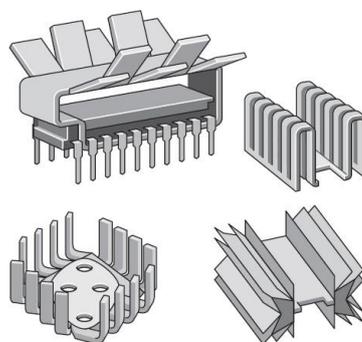
Gambar 2.4. Panel surya tipis

(Sumber : Uyun, 2020)

2.4. Sirip Pendingin (*Heatsink*)

Penurunan kinerja yang diakibatkan naiknya temperatur panel surya sangat merugikan dan memberikan dampak *negative* untuk pembangkit listrik tenaga surya. Oleh karena itu digunakan komponen tambahan untuk menyerap panas dari panel surya yang mana hal tersebut bertujuan membuang panas pada panel surya itu sendiri. Komponen ini memanfaatkan hembusan angin untuk melepaskan panas, dimana nantinya panas tersebut dialirkan dari panel surya menuju *heatsink* dan terakhir dilepaskan ke udara. Semakin luas permukaan perpindahan panas dan turbulensi aliran fluida dapat meningkatkan efisiensi dari panel surya.

Material dari sirip pendingin ini diharuskan memiliki kemampuan perpindahan panas yang baik. Sesuai dengan fungsinya, *heatsink* digunakan untuk mengalirkan panas dari panel surya ke udara bebas dengan bantuan angin. Bentuk dari *heatsink* juga menjadi faktor perpindahan panas yang terjadi, aliran udara yang melalui sirip tersebut dibuat menjadi *turbulen* sehingga sirkulasi udara tertahan didalam sirip tersebut dan menyebabkan pelepasan panas yang lebih optimal. Salah satu material yang paling sering digunakan dalam pembuatan *heatsink* adalah tembaga dan aluminium. Dilihat dari segi sifat penghantar panas tembaga lebih mengungguli aluminium namun harga yang lebih tinggi membuat penggunaan aluminium lebih dipilih sebagai material *heatsink*.



Gambar 2.5. Macam-macam *fin*
(Sumber : Cangel, 2002)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Cahyono, 2021), didapatkan efektivitas sirip pada kasus pendinginan konveksi alami panel surya sebesar 24,63%, sedangkan pada kasus pendinginan konveksi paksa panel surya sebesar 16,63%. Hasil dari penelitian tersebut pendinginan menggunakan sirip dapat menurunkan temperatur panel surya sebesar 3,78%. Hal tersebut menunjukkan efektivitas sirip pendingin terhadap penurunan temperatur panel surya, dimana secara matematis efektivitas sirip (ϵ_f) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$c_f = \frac{qt}{h A_{c,t} \theta} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

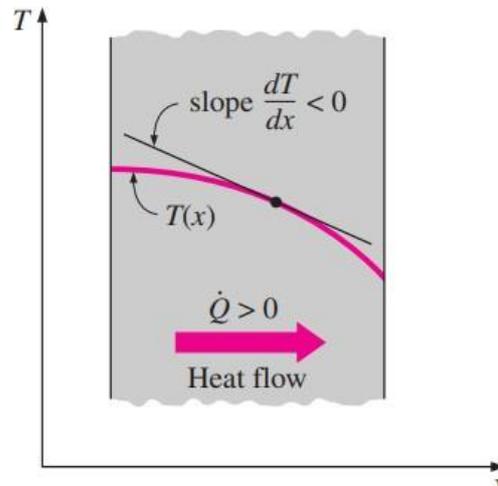
- c_f : Efektivitas sirip
- qt : Heat transfer rate
- h : Koefisien perpindahan panas
- $A_{c,t}$: Luas area sirip
- θb : Perbedaan temperature sirip dan lingkaran

2.5. Metode Perpindahan Panas

Metode perpindahan panas yang terjadi dapat berupa konduksi, konveksi atau radiasi. Berikut merupakan penjelasan dari ketiga jenis metode perpindahan panas:

2.5.1. Konduksi

Suatu material bahan yang mempunyai gradien, maka kalor akan mengalir tanpa disertai oleh suatu gerakan zat. Aliranokalor seperti ini disebut konduksi atau hantaran. Laju perpindahan kalor secara konduksi sebanding dengan gradien suhu dan dengan konstanta kesetimbangan (konduksi), maka menjadi persamaan Fourier (Cengel, 2002).



Gambar 2.6. Perpindahan panas konduksi
(Sumber : Cengel, 2002)

$$q_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

q_{cond} : Laju perpindahan panas (W)

A : Luas penampang (m^2)

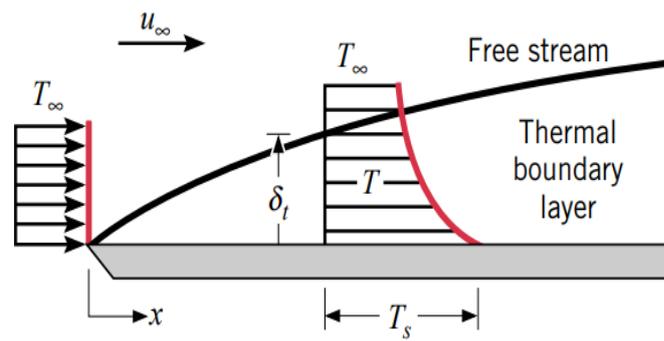
k : Konduktivitas termal ($W/m.K$)_{cond}

T : Temperatur (K)

x : Tebal (m)

2.5.2. Konveksi

Konveksi merupakan proses perpindahan panas yang diikuti oleh perpindahan dari zatoperantaranya. Biasanya terjadi pada benda cair atau gas. Kedua jenis zat ini sangat penting dalam perpindahan panas jenis konveksi ini, karena hanya dua jenis zat inilah yang bisa melakukan perpindahan panas melalui cara konveksi. Media atau benda yang menghantarkan kalor juga turut berpindah, seolah-olah kalor dibawa oleh media tersebut. Proses perpindahan kalor ini umumnya terjadi dari benda padat ke fluida baik cair maupun gas. Kalor yang dipindahkan secara konveksi dinyatakan dengan persamaan Newton.



Gambar 2.7. Perpindahan panas konveksi

(Sumber : Incropera, 2007)

$$q_{conv} = -h A \Delta T \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

q_{conv} : Perpindahan panas konveksi (W)

h : Koefisien konveksi ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

A : Luas penampang (m^2)

T : Temperatur (K)

2.5.3. Radiasi

Radiasi merupakan proses perpindahan kalor melalui gelombang elektromagnetik. Pada proses radiasi, panas diubah menjadi gelombang elektromagnetik yang merambat tanpa melalui ruang media penghantar. Jika gelombang tersebut mengenai suatu benda, maka gelombang dapat mengalami transisi (diteruskan), refleksi (dipantulkan) dan absorpsi (diserap) dan menjadi kalor. Hal itu tergantung pada jenis benda, menurut hukum Stefan Boltzman tentang radiasi panas dan berlaku hanya untuk benda hitam, bahwa kalor yang dipancarkan (dari benda hitam) dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat temperatur absolut benda tersebut dan berbanding lurus dengan permukaan benda.

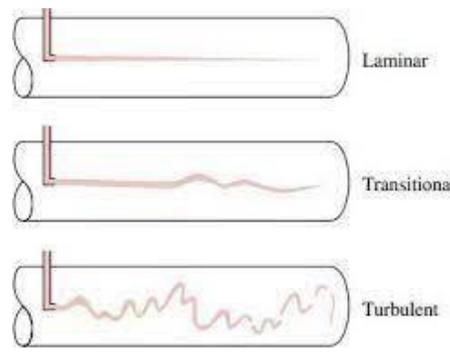
$$q_{Rad} = e \sigma A (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- q_{Rad} : Perpindahan panas radiasi (W)
 e : Emisivitas
 σ : Konstanta Stefan-bolzmann $5,67 \times 10^{-8}$ (W/m²K⁴)
 A : Luas permukaan (m²)
 T : Temperatur (K)

2.6. Aliran Fluida

Aliran fluida adalah perpindahan fluida yang membentuk garis aliran dengan kecepatan tertentu. Aliran fluida sendiri digolongkan menjadi 3 (tiga) jenis aliran yang tiap alirannya dibedakan dengan nilai dari bilangan Reynold, antara lain :



Gambar 2.8. Jenis aliran
 (Sumber : Cangel, 2002)

1. Aliran Laminar

Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan – lapisan, atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar . Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecendrungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan. Nilai bilangan Reynold aliran laminar kurang dari 2300 untuk aliran *internal* sedangkan untuk aliran *external* nilai bilangan Reynold aliran laminar adalah kurang dari 500000.

2. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Jenis aliran ini biasanya banyak ditemui dalam kasus aliran *internal pipe*. Nilai bilangan Reynold aliran transisi berada pada $2300 < Re < 4000$ untuk aliran internal sedangkan untuk aliran external nilai bilangan Reynold aliran transisi adalah $500000 < Re < 550000$.

3. Aliran Turbulen

Aliran dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Nilai bilangan Reynold untuk *internal flow* yaitu lebih dari 4000 Re, sedangkan untuk *external flow* yaitu lebih dari 550000 Re (Cangel, 2002).

Penggolongan jenis aliran tersebut dilakukan berdasarkan perhitungan bilangan Reynolds. Besaran nilai Reynold ini yang nantinya akan menentukan jenis aliran yang terjadi. Selain itu besaran nilai Reynolds dipengaruhi juga oleh jenis aliran. Berikut persamaan untuk menghitung bilangan Reynolds :

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- Re : Bilangan Reynold
- ρ : Densitas (kg/m³)
- v : Kecepatan (m/s)
- D : Diameter (m)
- μ : Viskositas dinamik (kg/m.s)

2.7. *Pressure Drop*

Perbedaan tekanan di dua titik yang berbeda yaitu titik masuk (*inlet*) dan titik keluar (*outlet*) adalah permasalahan yang dikenal dengan kehilangan tekanan (*pressure drop*). Fenomena ini berpengaruh pada aliran yang terjadi di sebuah sistem, baik itu aliran internal maupun eksternal. Faktor yang mempengaruhi *pressure drop* ini sangat banyak, mulai dari kecepatan fluida, viskositas fluida hingga tekanan fluida itu sendiri saat melalui sebuah benda (Syarif, 2019). Semakin besar nilai *pressure drop* dari sebuah sistem aliran maka dapat disimpulkan bahwa aliran di dalam sistem tersebut tidak terjadi secara merata di setiap titiknya.

Kecepatan aliran yang tinggi akan menghasilkan penurunan tekanan yang lebih besar. Teori Bernoulli yang menyatakan bahwa kenaikan kecepatan aliran dari fluida mampu menyebabkan adanya penurunan tekanan fluida secara bersamaan. Semakin cepat aliran suatu fluida maka akan semakin tinggi juga penurunan tekanan yang terjadi di aliran tersebut. Ada banyak faktor yang mempengaruhi penurunan tekanan ini. Dimana faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *pressure drop* adalah sebagai berikut :

2.7.1. Densitas fluida

Kepadatan atau densitas suatu fluida mempengaruhi berat dari fluida itu sendiri. Sehingga semakin besar densitas suatu fluida maka akan semakin berat fluida tersebut. Ketika bobot fluida terbilang berat maka tekanan yang dibutuhkan akan lebih besar. Dalam keadaan tersebut *pressure drop* akan semakin besar karena tekanan awal atau tekanan masuk yang digunakan cukup besar.

2.7.2. Viskositas fluida

Viskositas adalah ketahanan fluida terhadap aliran, viskositas yang tinggi menjadikan aliran fluida semakin kecil sehingga tekanan yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida melalui pipa lebih besar

dibandingkan fluida yang viskositasnya rendah. Dengan adanya tahanan aliran yang besar ini akan mengakibatkan *pressure drop* yang terjadi semakin besar. Viskositas berpengaruh dalam menentukan faktor fraksi melalui perhitungan bilangan Reynold yang sangat berpengaruh terhadap faktor friksi dan akan mempengaruhi perhitungan *pressure drop*.

2.7.3. Faktor gesek

Faktor friksi didefinisikan sebagai gaya gesek yang terjadi antara 2 (dua) permukaan yang saling bersinggungan. Faktor friksi atau faktor gesekan yang harus dilalui fluida dalam mengalir di dalam pipa yang bergantung terhadap kekasaran pipa, dan kondisi aliran. Tingginya *friction factor* berpengaruh secara langsung terhadap besarnya *pressure drop* dan akan mempengaruhi besarnya tekanan yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida.

2.8. *Computation Fluid Dynamic (CFD)*

Computation fluid dynamic (CFD) adalah suatu aplikasi dinamika fluida komputasi yang digunakan untuk melakukan simulasi sifat-sifat aliran fluida serta perpindahan panas. CFD adalah suatu aplikasi cabang dinamika fluida yang menggunakan pengembangan metode numerik, teknik komputasi dan studi kasus dalam aplikasi termodinamika dan mekanika fluida. Dalam implementasi CFD, menggunakan metode iterasi sehingga dapat menggambarkan langkah dalam proses CFD dan memberikan solusi ketika menggunakan analisis CFD dalam memahami fenomena aliran.

Pada umumnya proses perhitungan fenomena aliran fluida diselesaikan dengan menggunakan persamaan kontinuitas dan energi. Persamaan yang digunakan adalah persamaan Navier-Stokes. Adapun persamaanya adalah sebagai berikut : (Yunus A. Cengel dan John M. Cimbala, 2006).

1. Persamaan kontinuitas

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

ρ : Densitas (kg/m³)

t : Waktu (s)

x, y, z : Koordinat sumbu

2. Persamaan energi

$$\begin{aligned} \frac{\partial(E_t)}{\partial t} + \frac{\partial(uEr)}{\partial x} + \frac{\partial(vEr)}{\partial y} + \frac{\partial(wEr)}{\partial z} = - \frac{\partial(pu)}{\partial x} - \frac{\partial(pv)}{\partial y} - \frac{\partial(pw)}{\partial z} \\ - \frac{1}{Re_r Pr_r} \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) + \frac{1}{Re_r} \left(\frac{\partial}{\partial x} (ur_{xy} + v_{yy} + wr_{xz}) + \right. \\ \left. \frac{\partial}{\partial y} (ur_{xx} + v_{xy} + w_{xz}) + \frac{\partial}{\partial z} (ur_{xz} + v_{yz} + w_{zz}) \right) \dots\dots (7) \end{aligned}$$

Dimana :

E_t : Energi total (j)

P : Tekanan (pa)

q : *Heat flux* (W/m²)

Pr : Bilangan Prandtl

CFD dapat membentuk virtual prototype dari suatu sistem atau perangkat dari wujud asli dengan memaparkan gambar data serta memprediksi unjuk kerja dari desain yang dibuat. Menurut penelitian (Ikhsan, 2021), simulasi CFD terdiri dari 3 tahapan.

2.7.1. Pre-processing

Tahap ini merupakan tahap membuat geometri atau dapat juga dengan mengimportkan file geometri yang telah dibuat dari *software* lain ke *Ansys* salah satunya adalah *software solidwork*, memasukkan

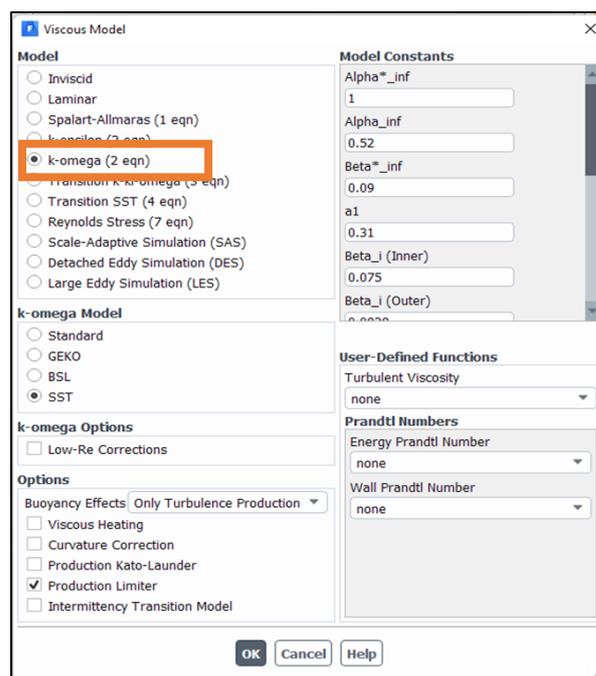
engineering data yang diperlukan, membuat meshing serta membuat penamaan batasan atau *boundary condition*.

2.7.2. Proses *solver*

Inti dari simulasi CFD berada pada tahapan atau proses ini, dimana pada tahapan ini terdapat pengaturan kondisi batas untuk menyesuaikan kebutuhan simulasi. Untuk menentukan nilai-nilai kondisi batas tersebut melalui beberapa tahapan.

a. *Setup model*

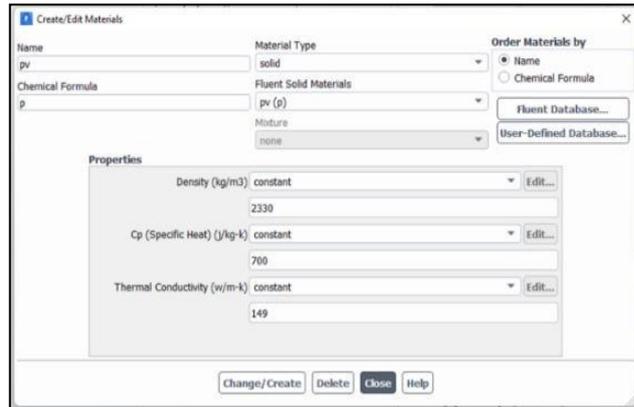
Model setup ini berguna untuk mengaktifkan energi, agar simulasi panel surya dapat dijalankan menggunakan thermal energy. Lalu ditentukan jenis aliran fluida menjadi k-omega.



Gambar 2.9. *Viscous setup model*

b. *Material setup*

Pada tahap ini dilakukan penentuan material dari panel surya dan sirip pendingin berupa aluminium. Kemudian material fluida yang digunakan yaitu berupa pada simulasi ini adalah udara.



Gambar 2.10. *Setup material PV*

c. *Cellzone conditions*

Pada tahap ini dilakukan pengecekan material yang digunakan apakah sudah sesuai dengan kebutuhan simulasi. Mulai dari material panel surya (PV) hingga ke material fluida yang digunakan.

d. *Boundary condition*

Pengaturan kondisi batas mulai dari nilai *solar ray* yang digunakan, temperatur *inlet outlet*, hingga mengatur kecepatan aliran fluida yang disimulasikan.

e. *Solution initialization*

Pada tahap ini seluruh kondisi batas serta proses meshing akan dilakukan pengecekan kembali untuk memastikan tidak terdapat error proses komputasi, sehingga simulasi dapat dilakukan dengan baik.

f. *Run calculations*

Tahapan terakhir dalam simulasi, dimana pada tahap ini *software* akan melakukan perhitungan sesuai dengan jumlah iterasi yang diinginkan. Pada tahapan ini juga dapat dilihat grafik perhitungan iterasi yang dilakukan, ketika kondisi iterasi sudah *steady* maka

iterasi bisa dihentikan dan dilakukan pengambilan data yang diperlukan. Syarat tercapainya nilai konvergen sebuah simulasi harus mencapai nilai sebagai berikut :

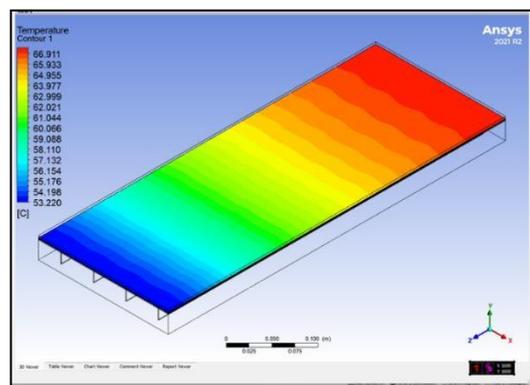
Tabel 3.1. Nilai konvergensi simulasi

Komponen	Nilai
K (<i>energy</i>)	$1e10^{-6}$
Residual	$1e10^{-3}$
Omega	$1e10^{-3}$
<i>Continnuity</i>	$1e10^{-3}$

(Sumber : Ansys, 2016)

2.7.3. Proses *post-procesing*

Tahap *post-procesing* merupakan tahap akhir dari simulasi pengujian. Pada tahap ini dapat melihat hasil dari simulasi yang telah dilakukan, hasil tersebut dapat berupa kontur warna, grafik hingga data hasil simulasi.



Gambar 2.12. Contoh *countur* hasil simulasi

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan pada tempat dan waktu penelitian sebagai berikut:

3.1.1. Tempat penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah Laboratorium Termodinamika Teknik Mesin Universitas Lampung.

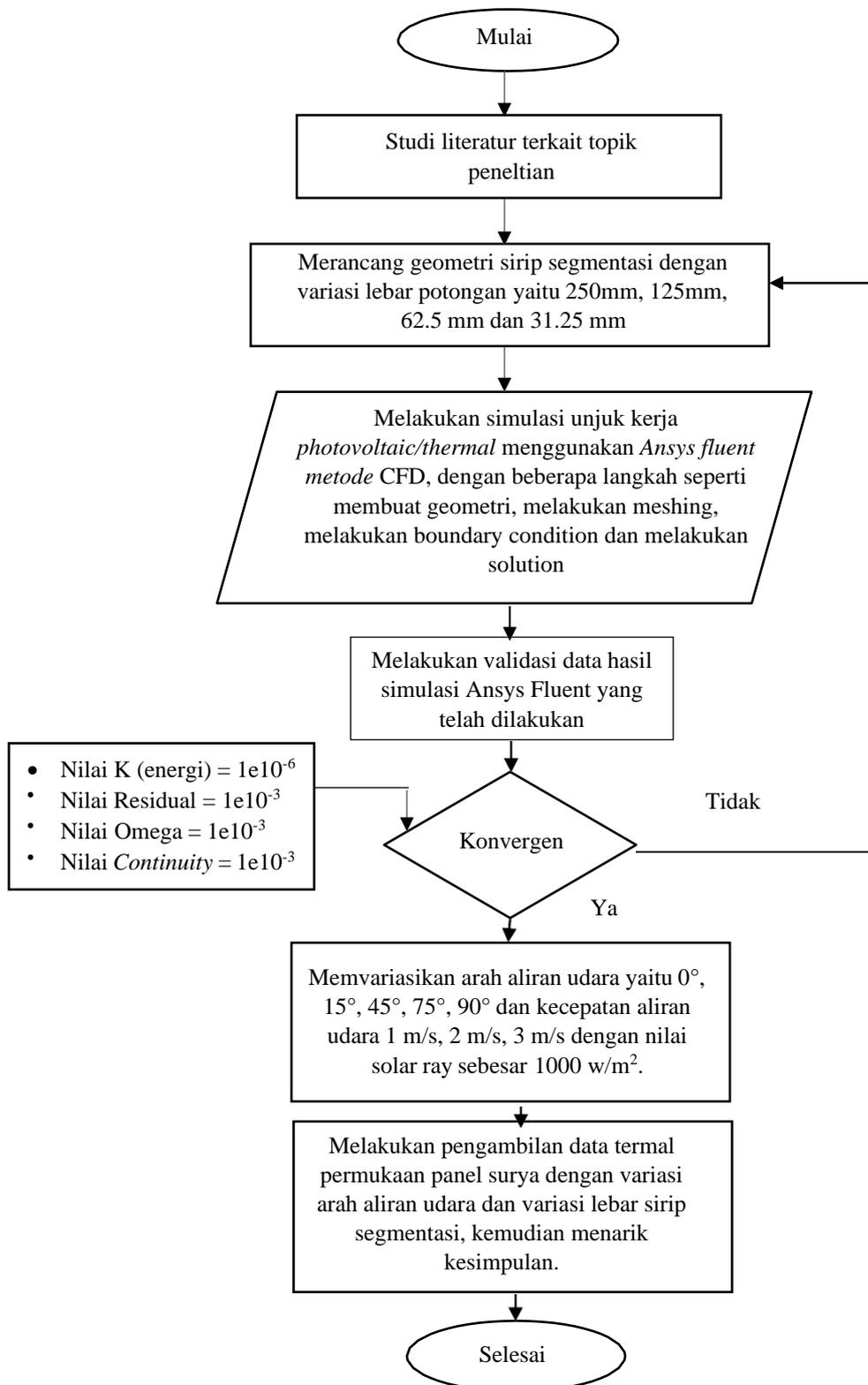
3.1.2. Waktu penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2022 sampai Januari 2023 dengan rincian kegiatan sebagai berikut :

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Jan
1	Studi Literatur terkait dengan topik penelitian.						
2	Merancang geometri sirip segmentasi						
3	Mensimulasikan unjuk kerja sirip segmentasi dengan variasi lebar.						
4	Melakukan evaluasi hasil simulasi unjuk kerja termal						
5	Pembuatan laporan akhir						

3.2. Diagram Alir Metode Penelitian



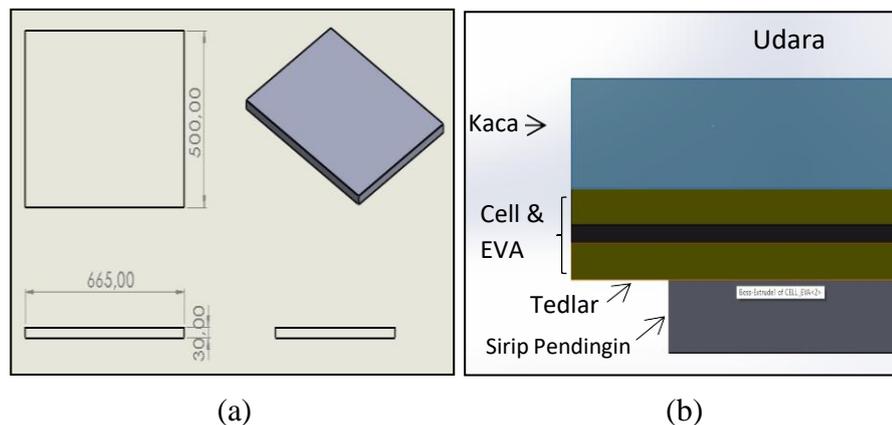
Gambar 3.1. Flowchart metodologi penelitian

3.3. Parameter Penelitian

Bentuk geometri untuk penelitian ini dibuat dengan menggunakan *software* desain 3D. Geometri panel surya dan sirip segmentasi dibuat menggunakan *software solidwork* dan simulasi menggunakan *software CFD Ansys fluent*.

3.3.1. Geometri panel surya

Dimensi panel surya dibuat dengan panjang 665 mm, lebar 500 mm dan tebal 30 cm. Geometri panel surya dibuat dengan *software solidwork* 2020. Kemudian geometri panel surya ini akan digabungkan dengan geometri dari sirip pendingin.



Gambar 3.2. Geometri panel surya (a) Dimensi panel surya, (b) Lapisan material panel surya

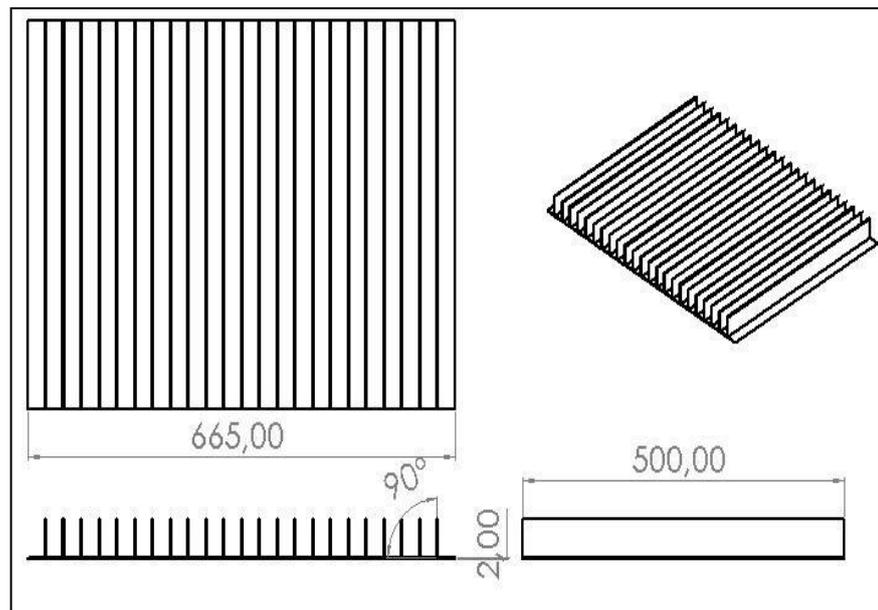
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Yonanda, 2022), Sifat termo-fisik lapisan panel surya adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2. Sifat termo-fisik dari lapisan *Photovoltaic*

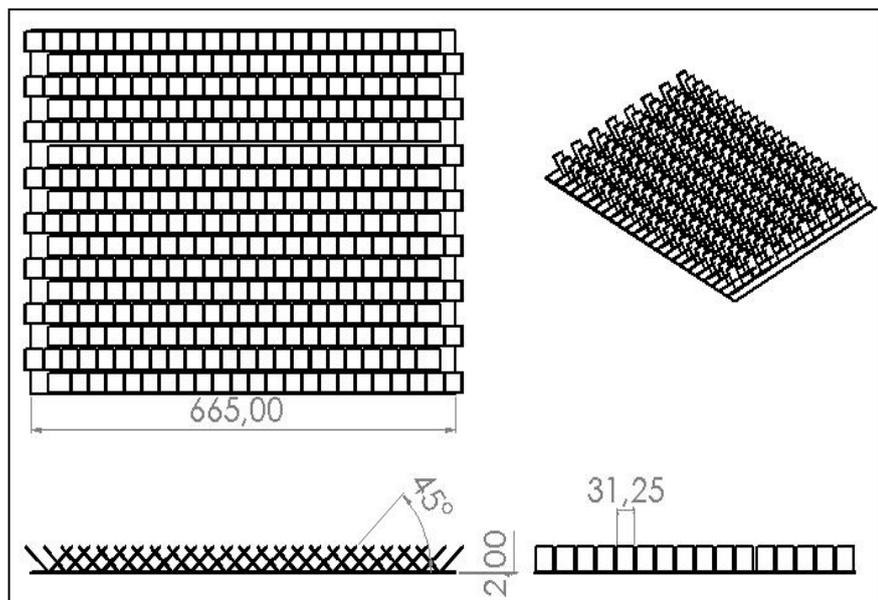
Domain	Ketebalan (mm)	Konduktivitas Termal (W/m ² K)	Massa Jenis (kg/m ³)	Panas Spesifik (J/kg°C)
Kaca	3	1.8	3000	500
Cell	0.31	148	2331	677
EVA	0.52	0.353	960	2090
Tedlar	0.13	0.21	1200	1250
Alumunium	0.71	202.41	2719	817

3.3.2. Geometri sirip segmentasi

Ketebalan sirip dibuat 2 mm baik itu sirip konvensional maupun sirip segmentasi. Jarak antara sirip satu dan lainnya dibuat sebesar 27,79 mm, kemudian sirip segmentasi divariasikan menjadi 4 variasi. Lebar yang digunakan untuk sirip segmentasi yaitu 250 mm, 125 mm, 62,5 mm dan 31,25 mm dengan sudut kemiringan 45° terhadap sumbu X.



(a)



(b)

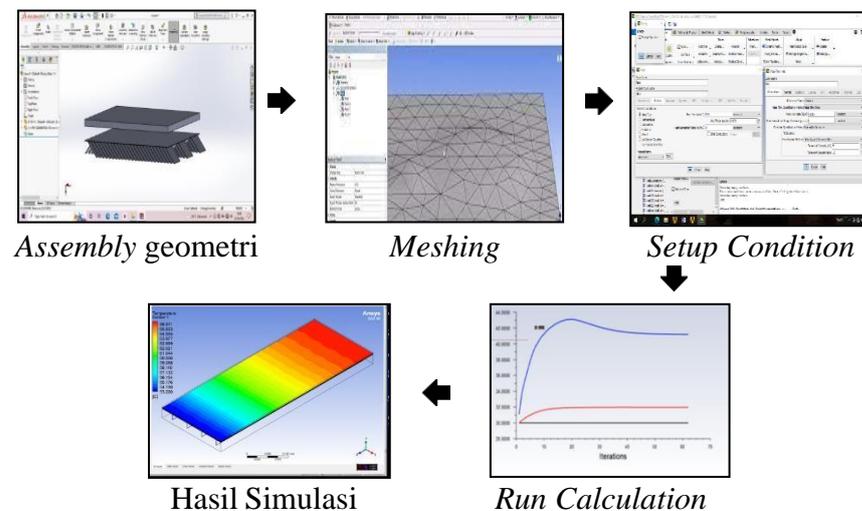
Gambar 3.3. Sirip pendingin, (a) Konvensional, (b) Lebar 31,25mm

3.3.3. Simulasi unjuk kerja

Simulasi unjuk kerja yang akan digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan arah aliran udara yaitu 0° , 22.5° , 45° , 67.5° , 90° dan kecepatan aliran udara 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s dengan nilai *solar ray* sebesar 1000 w/m^2 .

3.4. *Computation Fluid Dinamic (CFD) Methods*

Simulasi dengan bantuan *Ansys* ini sebelumnya harus melakukan pembuatan geometri dimana nantinya akan dilakukan perakitan antar komponen satu dan lainnya. Perakitan atau *assembly* yang dilakukan adalah pemasangan *heatsink* dibawah panel surya dengan variasi *heatsink* konvensional dan segmentasi dengan lebar yang berbeda-beda.



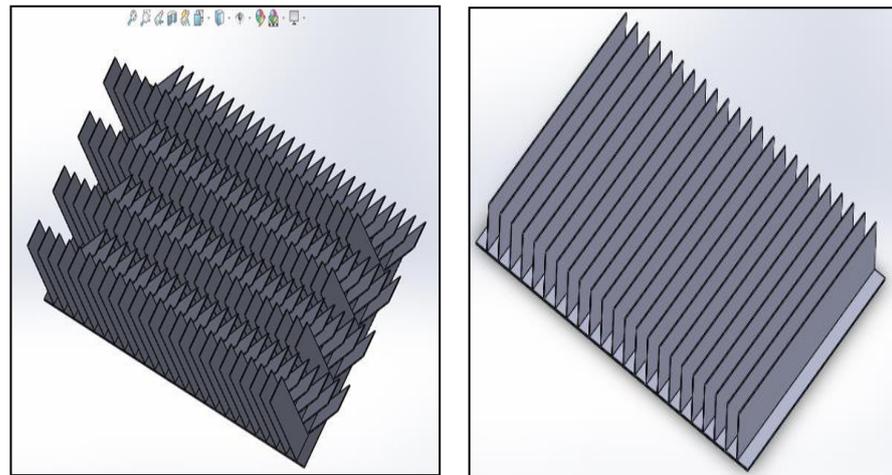
Gambar 3.4. Alur proses simulasi

3.4.1. Perancangan *heatsink* (CAD)

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahap, prosedur perancangan geometri sirip segmentasi menggunakan perangkat lunak *software solidwork* kemudian dikonvert ke *software ansys*. Geometri yang digunakan memiliki 4 variasi lebar sirip segmentasi, dimana ketebalan sirip dibuat 2 mm.

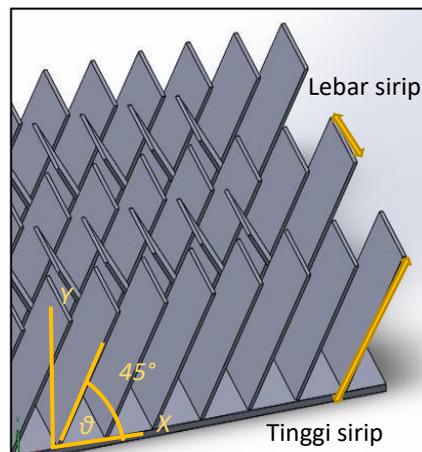
Tabel 3.3. Variasi Sirip Segmentasi

	Lebar Sirip			
	250 mm	125 mm	62,5 mm	31,25 mm
Rasio	1/2	1/4	1/8	1/16
<i>Note</i> : Rasio Perbandingan antara panjang keseluruhan sirip dibagi dengan lebar segmentasi				



(a)

(b)



(c)

Gambar 3.5. Geometri sirip (a) Segmentasi lebar 62,5 mm, (b) Sirip konvensional, (c) Dimensi sirip segmentasi

Rasio ini dibuat untuk menunjukkan hubungan secara matematis lebar total sirip pendingin dibagi dengan lebar sirip segmentasi. Perbandingan ini ditujukan untuk menjadi menentukan ukuran atau variasi sirip segmentasi itu sendiri.

3.4.2. Susunan geometri

Setelah geometri sudah dibuat dengan *software* desain 3D, langkah selanjutnya adalah merakit komponen *heatsink* ke geometri panel surya. Geometri sirip segmentasi akan dipasangkan pada bagian bawah geometri panel surya. Proses ini dilakukan menggunakan *software solidwork 2020*.

3.4.3. Meshing

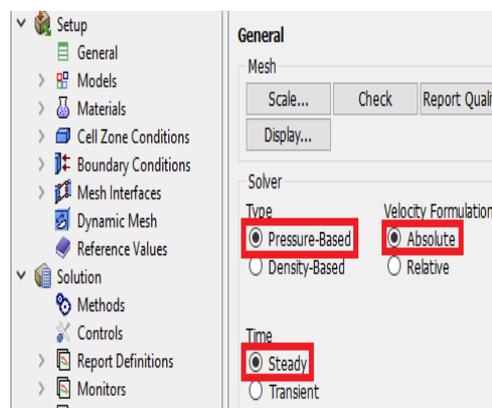
Meshing pada benda kerja dilakukan dengan jenis *mesh poly-hexcore*. *Mesh* jenis ini digunakan karena sifatnya yang lebih fleksibel untuk mengisi cela-cela yang sulit diisi oleh tipe *mesh* lainnya.

3.4.4. Setup condition

Setelah proses meshing selesai selanjutnya adalah proses setup condition. Pada tahap ini dilakukan pemilihan model simulasi, jenis material sampai beberapa kondisi batas yang digunakan. Berikut merupakan tahapan dalam proses setup:

1. General

Type simulasi yang digunakan adalah *pressure-based* dengan formula *velocity absolute*. Kemudian waktu yang diperlukan saat simulasi adalah ketika interaksi atau kalkulasi mencapai keadaan *steady* atau kovergen.



Gambar 3.6. General setup

2. Models

Pada setup models ini yang akan dilakukan adalah mengaktifkan persamaan energi dan memilih model penyelesaian simulasi yang digunakan jenis k-epsilon.

3. Material Setup

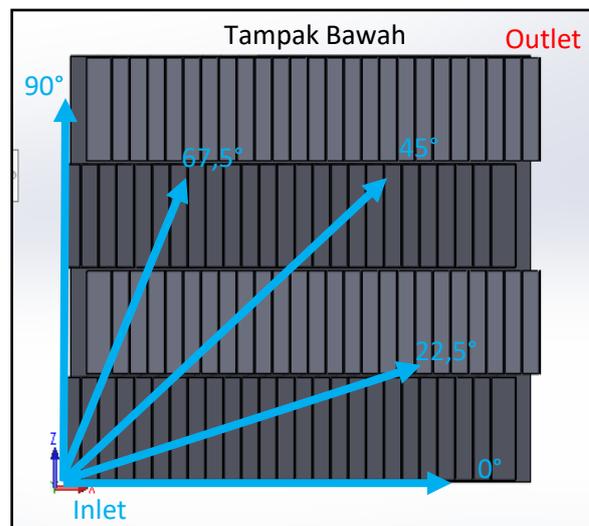
Pada setup ini memilih jenis material yang digunakan, yaitu udara, pv dan aluminium.

4. Cell zone conditions

Pada setup ini menentukan material yang digunakan untuk geometri seperti yang dijelaskan dalam tabel 3.1 tentang sifat termo-fisik untuk tiap lapisan panel surya dan domainnya masing-masing.

5. Boundary conditions

Setup ini bertujuan memasukkan parameter yang digunakan, mulai dari temperatur udara masuk 30°C mengacu pada suhu normal. Kemudian arah aliran udara 0° , $22,5^{\circ}$, 45° , $67,5^{\circ}$, 90° dan kecepatan aliran udara 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s dengan nilai *irradiance* sebesar 1000 w/m^2 .

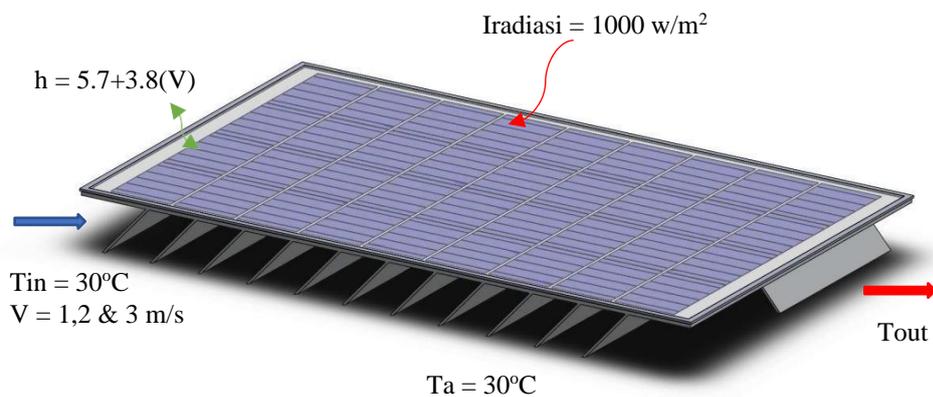


Gambar 3.7. Arah aliran udara

3.4.5. Run calculation

Setelah semua setup selesai selanjutnya adalah menentukan jumlah iterasi yang digunakan lalu proses running dimulai. Proses *running* ini adalah proses perhitungan matematis oleh komputer yang mana ditampilkan dalam bentuk grafik, grafik ini ditampilkan untuk lebih meyakinkan bahwa proses simulasi yang dilakukan sudah konvergen atau belum.

3.5. Kondisi Batas Simulasi *Photovoltaic*



Gambar 3.8. Kondisi batas simulasi *photovoltaic*

Kondisi batas dalam simulasi diperlukan untuk menghindari penyimpangan *input* parameter maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Dalam simulasi ini digunakan nilai radiasi konstan sebesar 1000 w/m^2 , temperatur udara masuk sebesar 30°C , temperatur lingkungan sebesar 30°C dan kecepatan udara masuk divariasikan menjadi 3 (tiga) yaitu 1 m/s , 2 m/s dan 3 m/s . Selain parameter tersebut, digunakan juga variasi aliran udara 0° , $22,5^{\circ}$, 45° , $67,5^{\circ}$, 90° untuk mengetahui performa sirip segmentasi menurunkan temperatur permukaan *photovoltaic* apabila arah aliran masuk udara berubah-ubah.

BAB V PENUTUP

5.1. Simpulan

Simulasi *Ansys fluent* yang dilakukan menghasilkan beberapa data yang digunakan untuk menganalisis performa variasi sirip pendingin terhadap penurunan temperatur permukaan PV. Berikut ini simpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian:

1. Simulasi unjuk kerja sirip segmentasi membantu untuk mencari optimalisasi geometri, menentukan dimensi dan konfigurasi optimal dari sirip segmentasi.
2. Variasi lebar sirip segmentasi tidak terlalu menunjukkan penurunan yang signifikan yaitu berkisar 0.2°C hingga 0.7°C , sedangkan variasi aliran udara untuk sirip segmentasi menunjukkan adanya perbedaan dimana arah aliran udara 45° lebih baik dibandingkan arah aliran udara 0° , 22.5° , 62.5° dan 90° .
3. Perbandingan penurunan temperatur permukaan PV antara sirip konvensional dan sirip segmentasi menunjukkan perbedaan 1°C hingga 3°C bergantung dengan arah aliran udara. Perbedaan yang signifikan terjadi saat aliran 0° , sirip segmentasi menurunkan temperatur 5,6% lebih baik dibanding sirip konvensional, sedangkan untuk variasi arah aliran yang lain menunjukkan tren penurunan yang sama.
4. Didapatkan nilai *pressure drop* terendah untuk setiap variasi sirip yaitu pada saat aliran udara masuk 90° atau sejajar dengan arah kisi-kisi sirip itu sendiri. Nilai *pressure drop* yang didapat berkisar 0.2 Pa hingga yang paling tinggi yaitu 2 Pa saat kecepatan aliran udara 3 m/s. Kecepatan aliran udara berbanding lurus dengan nilai *pressure drop* yang terjadi untuk tiap variasi sirip yang dilakukan percobaan.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk terus mengembangkan penelitian pengaruh sirip segmentasi terhadap penurunan temperatur permukaan *Photovoltaic* adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukannya variasi ketebalan sirip yang disimulasikan untuk mengetahui efek tebal sirip terhadap laju perpindahan panas dan penurunan temperatur *Photovoltaic*.
2. Memvariasikan besaran iradiasi yang diberikan untuk mengetahui dampak iradiasi terhadap temperatur permukaan *Photovoltaic* yang menggunakan sirip segmentasi.
3. Perlu dilakukannya variasi jarak antar sirip yang awalnya hanya 27.79 mm diubah menjadi lebih besar atau lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyanto., Setiawan, Hery. 2021. “Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal dengan Panel Surya Fleksibel pada Jenis *Monocrystalline*” Jakarta : Universitas Muhammadiyah Jakarta
- Cahyono, Gunawan Rudi., Ansyah, Pathur Razi., Awaly, Nuryasin Qadimil. 2021. “Pendinginan Panel Surya Menggunakan Kotak Pendingin Dan Sirip Pendingin” Banjarmasin : Universitas Lambung Mangkurat
- Cahyono, Gunawan Rudi., Ansyah, Pathur Razi., Riadi, Joni., Awaly, Nuryasin Qadimil. 2021. “Pengaruh Pendinginan Menggunakan Sirip Terhadap Performa Panel Surya” Banjarmasin : Universitas Lambung Mangkurat
- Cengel, A., dan Michael A. 2002. “*Thermodynamics An Engineering Approach*”. New York : McGraw-Hill Education
- Darmana, Tasdik., Retno, A., Zaenal., Syarif, H., Jumiati. 2019. “Sosialisasi Energi Baru Terbarukan dan Lingkungan Hidup Untuk Masyarakat Desa Sukawali KAB Tangerang, Banten”. Tangerang : STT PLN
- Hetal Kotwal, et al.2013, “*CFD Analysis of Shell and Tube Heat Exchanger-A Review*”, *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)* Volume 2, Issue 2, March 2013
- Incropera, F.P. 2007. “*Fundamental of Heat and Mass Transfer. Sixth Edition*”. New York : Jhon Wiley and Sons.
- Ikhsan, M. Rizki., Siska, Madschen., Hidayah, Nur. 2021, “Simulasi Karakteristik Termal Pada Rumah Banjar Bubungan Tinggi Dengan Komputasi Dinamika Fluida” Banjarmasin : Universitas Sari Mulia
- Ismail. 2016. “Unjuk Kerja Kolektor Surya Pelat Datar Aliran Serpentine Berdasarkan Jarak Pipa dan Jenis Elbow”. Bandar Lampung : Universitas Lampung

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral “Pemanfaatan Energi Surya Di Indonesia”, 3 Mei 2010. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemanfaatan-energi-surya-di-indonesia>. Diakses pada 27 Agustus 2022
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral “Transisi Energi Mutlak Diperlukan”.<https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/10/22/2667/menteri.arifin.transisi.energi.mutlak.diperlukan?la>. Diakses pada 27 Agustus 2022
- Mokheimer, EM. 2003. “*Heat Transfer From Extended Surface Subject to Variable Heat Transfer Coefficient*”. Saudi Arabia : King Fahd University of Petroleum & Minerals
- Nasir, Kurniawan. 2016. “Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Kerugian Tekanan Pada Saluran Udara” Semarang : Universitas Wahid Hasyim
- Pratama, Dimas Ady., Siregar, Indra Herlambang. 2018. “Uji Kinerja Panel Surya Tipe Polycrystalline 100WP” Surabaya : Universitas Negeri Surabaya
- Sjahruddin, Charles., Bizzy, Irwin. 2020. “Pengaruh Peningkatan Efisiensi Pemasangan *Heatsink* Pada Panel *Photovoltaic Tipe Polycrystalline*” Palembang : Universitas Sriwijaya
- Syarif, Jenne. 2019. “Penentuan Persamaan Faktor Gesekan Baru Menggunakan Metode Regresi Multi Variable Bertolak Ukur Pada Persamaan Faktor Gesekan Chen”, Banda Aceh: Politeknik Negeri Lhokseumawe
- Uyun, Aep S., Wahjatmo, Charlous., Fitriani. 2022. “Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Menggunakan Panel Surya Tipis Tanpa Rangka Aluminium Untuk Pelanggan Rumah Tangga PLN di Indonesia” Jakarta Timur : Universitas Dama Persada
- Widayana, Gede. 2012. “Pemanfaatan Energi Surya”. Buleleng: Universitas Pendidikan Ganesha.

Yonanda, A., Amrizal., Hadi Prayitno. 2020."Karakteristik Kolektor Surya Hybrid PV/T Pelat Datar Aliran Spiral Dan Serpentine Menggunakan Metode Simulasi CFD". Bandar Lampung: Universitas lampung.

Yonanda, A., Amrizal., Harmen., Riszal, Akhmad., Ibrahim, Fauzi. 2022. "*Photovoltaic (PV) thermal performance simulation using segmentation lapping fin passive cooling*". Bandar Lampung : Universitas lampung.

Yonanda, A., Amrizal., 2021. "Karakteristik Kolektor Surya Pelat Datar Aliran Spiral Menggunakan Metode Simulasi CFD" Bandar Lampung : Universitas Lampung